

PROPOSTA DE NOVA METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DO FATOR DE SOMBREAMENTO DE VÃOS ENVIDRAÇADOS POR ELEMENTOS HORIZONTAIS

José Júlio Correia da Silva^{1*}, Pedro Manuel Cabrol Henriques²

1: Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Évora
Apartado 94 7002-554 Évora
e-mail: jcs@uevora.pt

2: Escola de Ciências e Tecnologia
Universidade de Évora
Apartado 94 7002-554 Évora
e-mail: phenriques.pt@gmail.com

Palavras-chave: RCCTE, Comportamento térmico, Sombreamento de vãos

Resumo. *O comportamento térmico dos edifícios depende, em larga medida, dos ganhos solares verificados através dos vãos envidraçados.*

Devem os ganhos solares ser otimizados, isto é, durante a estação de aquecimento, os ganhos solares úteis devem ser maximizados e, durante a estação de arrefecimento, as cargas térmicas devidas aos ganhos solares devem ser minimizadas.

Os dispositivos de sombreamento dos vãos envidraçados, devem, tanto quanto possível, provocar o sombreamento dos vãos, durante a estação de arrefecimento e, na medida do possível, não o provocar durante a estação de aquecimento.

As palas horizontais para sombreamento de vãos envidraçados são particularmente adequadas a vãos orientados a sul. As palas devem ser dimensionadas de forma a, tanto quanto possível, provocarem o sombreamento dos vãos envidraçados durante a estação de arrefecimento sem que tal aconteça durante a estação de aquecimento.

No entanto, verifica-se que, de uma forma geral, segundo a metodologia de cálculo prevista pelo Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE), a existência de palas horizontais de sombreamento é penalizadora da eficiência energética dos edifícios.

Com a presente comunicação, é apresentada uma nova metodologia de cálculo do factor de sombreamento por elementos horizontais. Através desta metodologia, desde que as palas horizontais sejam adequadamente dimensionadas, a sua existência originará necessidades nominais globais de energia primária de um edifício (N_{tc}) com um valor inferior ao que se obteria se não existissem as referidas palas. Consequentemente, a introdução de palas de sombreamento convenientemente dimensionadas contribuirá para a obtenção de uma mais elevada classe de eficiência energética do edifício.

1. INTRODUÇÃO

Os níveis de consumo de energia cada vez mais elevados em consequência do aumento da população e das exigências de conforto, têm tornado a eficiência energética um tema cada vez mais importante. Com efeito, os impactos ambientais relacionados com a produção e consumo de energia e os seus respetivos custos fazem da energia um dos fatores mais relevantes para a obtenção de um modelo de desenvolvimento sustentável, fundamental para que sejam alcançadas as metas delineadas pela União Europeia na estratégia de combate às alterações climáticas e para que sejam cumpridos os compromissos estabelecidos pelo protocolo de Quioto. A nível mundial, os edifícios representam um dos setores com mais elevados consumos energéticos, sendo por isso apontada como uma das áreas prioritárias no que diz respeito à necessidade de melhoria da eficiência energética. Em Portugal, os edifícios consomem cerca de 31% do total de energia consumida no país anualmente (habitação-17,3%, serviços-13,5%) [1]. Para minimizar estes consumos, a União Europeia publicou a Diretiva 2002/91/CE relativa ao desempenho energético de edifícios (revista pela Diretiva 2010/31/UE), cuja transposição para a ordem jurídica nacional resultou na criação do Sistema Nacional de Certificação Energética e da Qualidade do Ar Interior nos Edifícios (SCE). Apesar das melhorias da eficiência energética que se estão a verificar nos edifícios novos, estudos demonstram que países com climas menos favoráveis, como a Alemanha, conseguem produzir novos edifícios com menores necessidades energéticas que os novos edifícios construídos em Portugal [2]. Assim, no caso nacional há ainda muito trabalho a desenvolver nesta área, em particular na adaptação dos edifícios às condições climáticas particulares do território, por forma a minimizar as necessidades energéticas para climatização dos edifícios.

Um dos aspetos determinantes para a eficiência energética dos edifícios, em especial no território nacional, é o controlo dos ganhos solares. Sendo Portugal um dos países europeus com mais intensa radiação solar, é imperativo tentar otimizar esses ganhos de forma a maximizá-los durante o inverno e minimizá-los durante o verão, para assim se conseguir minimizar as necessidades nominais globais de energia para climatização. Em Portugal, o RCCTE preconiza um método de cálculo das necessidades energéticas de edifícios, que inclui um procedimento para o cálculo dos ganhos solares, tanto na estação de aquecimento como na estação de arrefecimento. No entanto, estudos realizados [3] demonstram que o método de cálculo previsto pelo RCCTE, em certas situações, penaliza a inclusão de elementos horizontais de sombreamento (palas), qualquer que seja a sua dimensão, pelo facto de que a redução de ganhos térmicos durante a estação de aquecimento devido à inclusão de elementos horizontais de sombreamento ser superior à redução dos ganhos térmicos durante a estação de arrefecimento. Assim, objetivamente, o RCCTE desencoraja a inclusão de elementos horizontais fixos de sombreamento, mesmo em regiões que o referido regulamento considera pertencentes à zona climática de verão V3 sul e à zona climática de inverno I1.

Assim, este estudo tem por objetivo demonstrar que os valores do fator de sombreamento por elementos horizontais para determinação dos ganhos solares devem ser calculados de uma forma diferente da prevista pelo RCCTE, atualmente em processo de revisão.

2. MÉTODO DE DETERMINAÇÃO DO FATOR DE SOMBREAMENTO DO RCCTE

A metodologia prescrita pelo RCCTE para cálculo dos ganhos solares obtidos através dos vãos envidraçados tem em atenção diversos parâmetros, entre os quais se conta o fator de sombreamento por elementos horizontais. Para o efeito, o RCCTE apresenta as duas tabelas que se apresentam de seguida (Tabelas 1 e 2) onde são apresentados os valores do fator de sombreamento. Este fator é calculado com base no ângulo α representado na Figura 1. O ângulo α é o ângulo de dois planos: o plano que contém a superfície exterior da parede e o plano definido pela linha média do vão envidraçado e pela extremidade do elemento horizontal de sombreamento. O valor do fator de sombreamento, com valores compreendidos entre 0 e 1, representa a fração da radiação solar que efetivamente atinge o vão envidraçado em relação aquela que incidiria numa situação sem sistema de sombreamento horizontal.

Tabela 1. Valores do fator de sombreamento por elementos horizontais (Fo) - Situação de Inverno

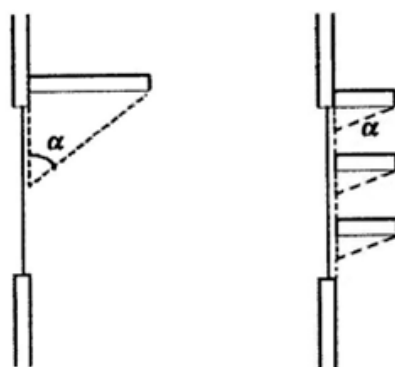
Ângulo da pala (α)	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
Latitude 39° (continente e Açores)					
0°.....	1	1	1	1	1
30°.....	1	0,94	0,84	0,76	0,73
45°.....	1	0,90	0,74	0,63	0,59
60°.....	1	0,85	0,64	0,49	0,44
Latitude 33° (Madeira)					
0°.....	1	1	1	1	1
30°.....	1	0,92	0,82	0,68	0,45
45°.....	1	0,88	0,72	0,60	0,56
60°.....	1	0,83	0,62	0,48	0,43

Fonte: (RCCTE, Anexo IV - Tabela IV.6)

Tabela 2. Valores do fator de sombreamento por elementos horizontais (Fo) - Situação de Verão

Ângulo da pala (α)	N	NE/NW	E/W	SE/SW	S
Latitude 39° (continente e Açores)					
0°.....	1	1	1	1	1
30°.....	0,98	0,86	0,75	0,68	0,63
45°.....	0,97	0,78	0,64	0,57	0,55
60°.....	0,94	0,70	0,55	0,50	0,52
Latitude 33° (Madeira)					
0°.....	1	1	1	1	1
30°.....	0,97	0,84	0,74	0,69	0,68
45°.....	0,95	0,76	0,63	0,60	0,62
60°.....	0,92	0,68	0,55	0,54	0,60

Fonte: (RCCTE, Anexo IV - Tabela IV.6)



Fonte: (RCCTE, Anexo IV e V)

Figura 1. Determinação do ângulo de sombreamento (α) por elementos horizontais segundo o RCCTE

3. METODOLOGIA

No entanto, uma análise gráfica de algumas situações permite verificar que o método proposto pelo RCCTE dá origem a resultados idênticos para situações que são na realidade diferentes. Isto advém do facto de que o método de determinação do fator de sombreamento se basear no ângulo de obstrução (α) medido a partir do ponto médio do vão envidraçado, omitindo os efeitos da distância do sistema de sombreamento ao vão envidraçado. Daqui resulta que para duas situações com o mesmo ângulo ' α ' mas com diferentes distâncias da pala ao envidraçado, o RCCTE atribui o mesmo valor do fator correção de sombreamento, do que resultam ganhos solares com valores iguais (se em tudo o resto as duas situações forem idênticas), quando a realidade evidência que as duas situações podem ser muito distintas.

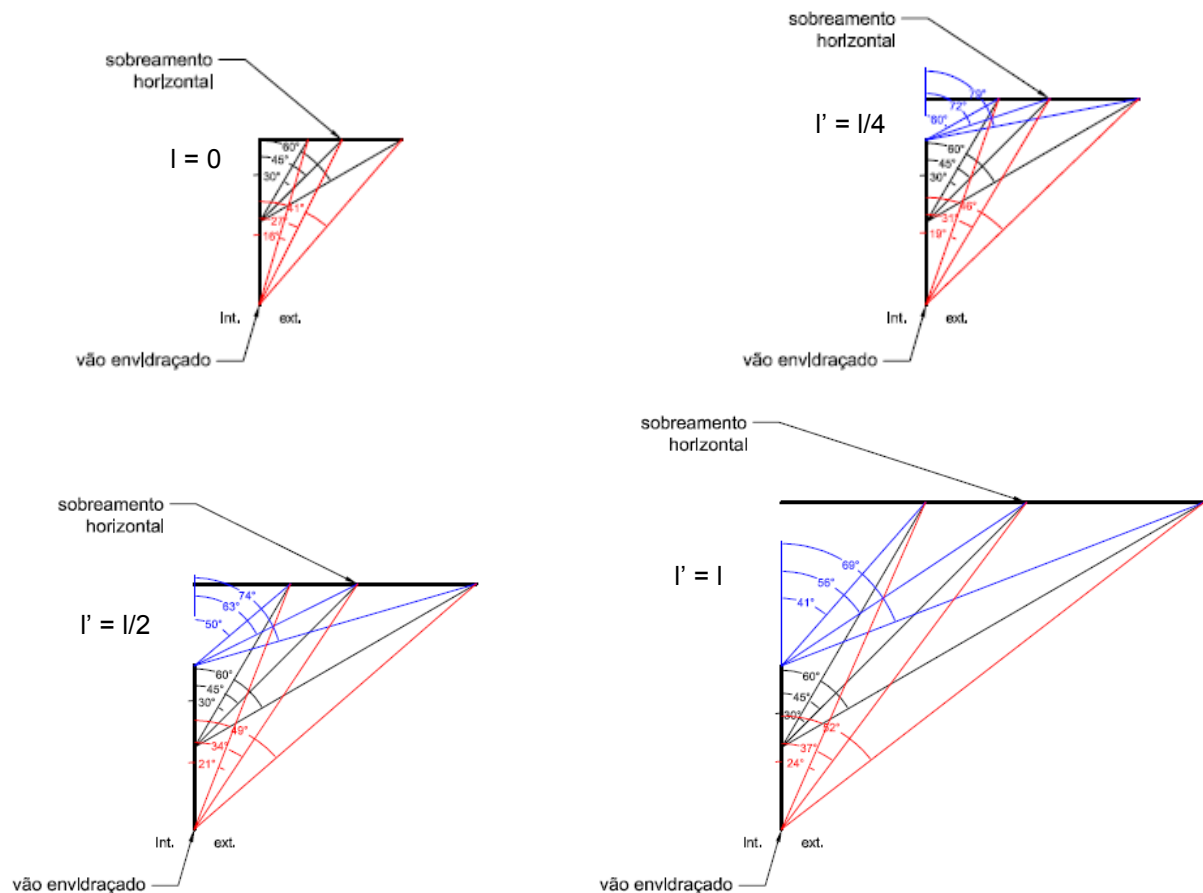
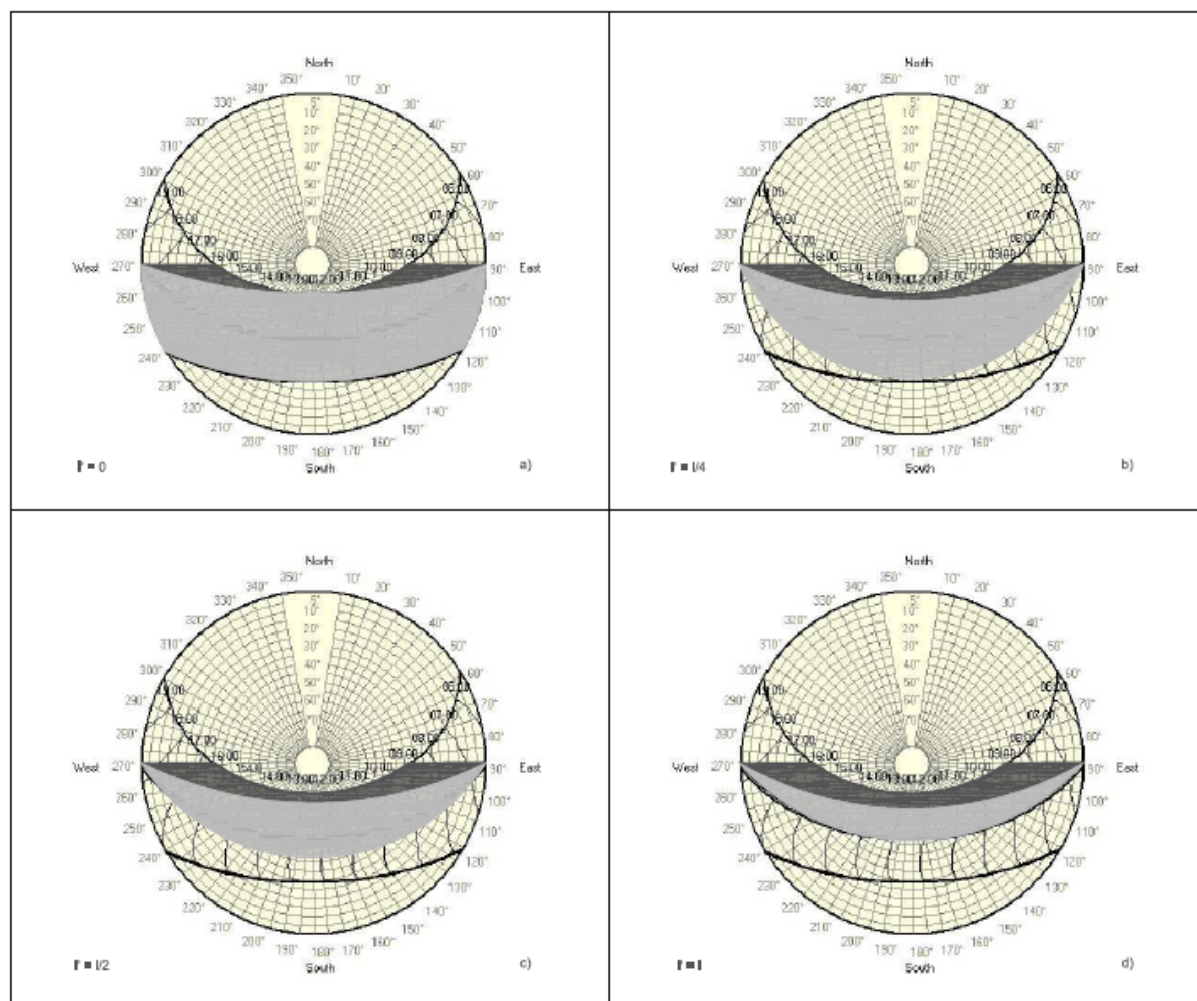


Figura 2. Esquemas de sombreamento com ângulos α idênticos e distâncias l' distintas

4. RESULTADOS

Nas Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8 apresentam-se as máscaras de sombra produzidas por sistemas de sombreamento com o mesmo ângulo de sombreamento ' α ' mas com distâncias entre o vão envidraçado e o sistema de sombreamento horizontal diferentes, para um caso genérico de um vão envidraçado orientado a sul. O estudo foi realizado para a latitude 39°N que é o valor indicado pelo RCCTE para representar as regiões do continente e dos Açores. Os valores de ' α ' adotados foram: 30° ; 45° e 60° . As distâncias das palas aos vãos envidraçados (l') analisadas foram: $l'=0$; $l'=l/4$, $l'=l/2$,

$l'=l$, onde ' l ' representa a altura do vão envidraçado.



■ Sombreamento total do vão □ Sombreamento parcial do vão

Figura 3. Máscaras de sombra para o vão orientado a sul, $\alpha=30^\circ$

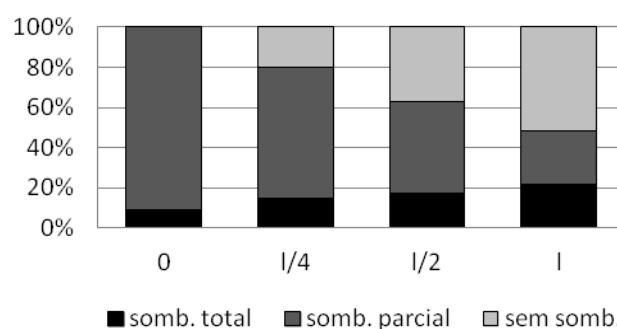
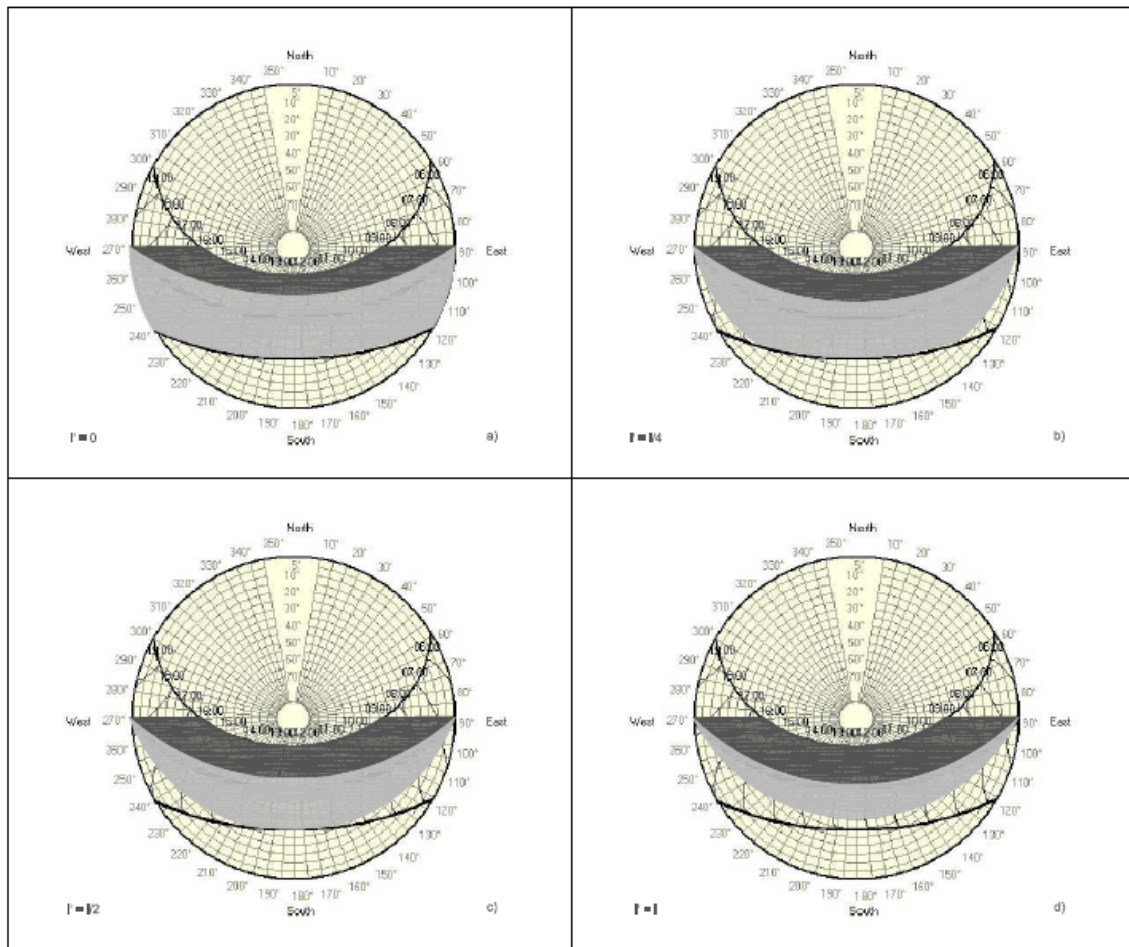


Figura 4. Percentagem da área da máscara de sombra, para diferentes valores de l' ($\alpha=30^\circ$)



■ Sombreamento total do vão □ Sombreamento parcial do vão

Figura 5. Máscaras de sombra para o vão orientado a sul, $\alpha=45^\circ$

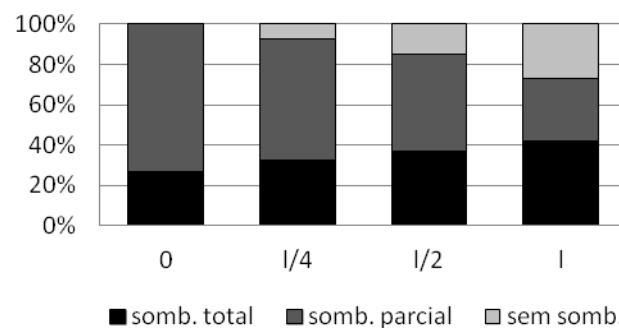
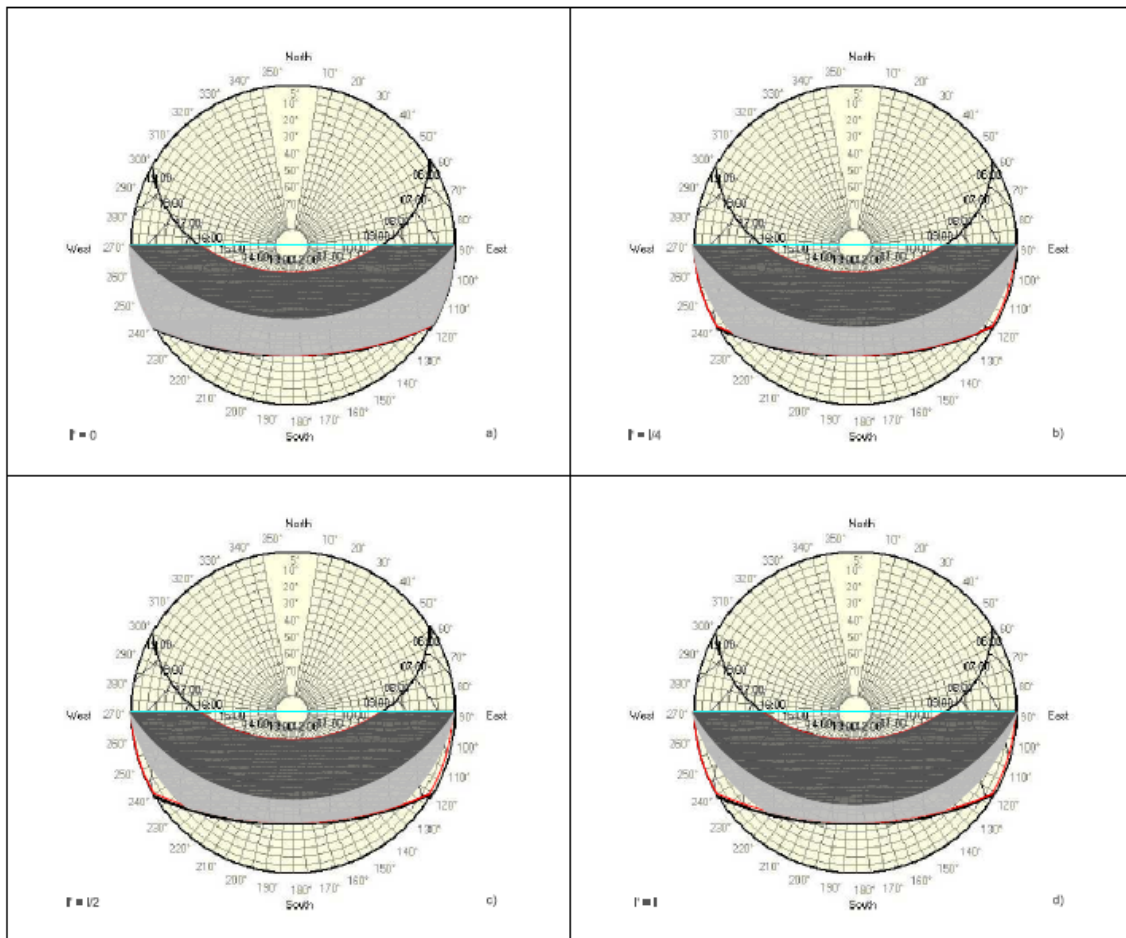


Figura 6. Percentagem da área da máscara de sombra, para diferentes valores de l' ($\alpha=45^\circ$)



■ Sombreamento total do vão ■ Sombreamento parcial do vão

Figura 7. Máscaras de sombra para o vão orientado a sul, $\alpha=60^\circ$

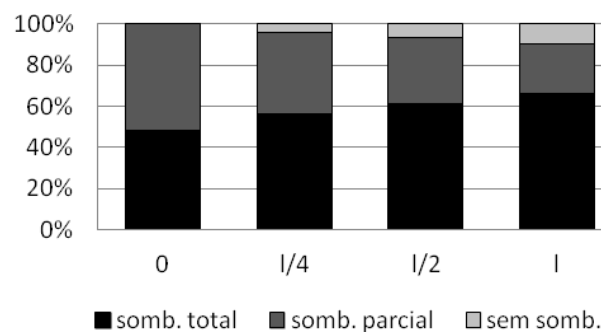


Figura 8. Percentagem da área da máscara de sombra, para diferentes valores de l' ($\alpha=60^\circ$)

5. ANÁLISE E CONCLUSÃO

Através da análise das Figuras 3, 4, 5, 6, 7 e 8, podemos concluir que elementos horizontais de sombreamento a que corresponde um único ângulo de obstrução (α) mas com distintas distâncias aos vãos envidraçados (l') produzem sombreamentos distintos. Para os três ângulos de obstrução (α) analisados, verifica-se que quanto maior for a distância entre o elemento horizontal e o vão envidraçado (l') maior será o período de tempo em que o vão estará totalmente sombreado, em períodos da estação de arrefecimento. Para além disso, quanto maior for a referida distância (l') menor será o período de tempo de sombreamento parcial do vão envidraçado, em particular na estação de aquecimento.

Quer isto dizer que para um mesmo ângulo ' α ', quanto maior for a distância do elemento horizontal ao vão envidraçado, maiores serão os ganhos solares no inverno e menores serão esses mesmos ganhos no verão, contribuindo assim para menores consumos energéticos de climatização e a melhoria da eficiência energética de edifícios.

Este facto não é considerado pelo método preconizado pelo RCCTE para cálculo dos ganhos solares através dos envidraçados, uma vez que a determinação do fator de sombreamento apenas se baseia no ângulo ' α ', não sendo tida em conta a distância do elemento horizontal ao vão envidraçado (l'). Assim, o RCCTE penaliza, de uma forma global, a adoção de elementos horizontais de sombreamento dos vãos envidraçados, contribuindo para desincentivar a sua utilização. Pelo descrito se considera que o método de determinação dos fatores de sombreamento por elementos horizontais, considerado no RCCTE, deve ser revisto e deve basear-se nos dois ângulos representados na Figura 9: α_i e α_v .

De facto, se considerarmos um vão envidraçado orientado a sul, ao meio dia solar o elemento horizontal não provoca sombreamento do vão desde que a altura do Sol seja inferior ao ângulo $90-\alpha_i$. Por outro lado, atinge-se o sombreamento total do vão envidraçado desde que a altura do Sol seja superior ao ângulo $90-\alpha_v$. Seguindo o método de dimensionamento de elementos horizontais de sombreamento de vãos orientados a sul [4], para a latitude 39°N , para que durante uma parte significativa da estação de arrefecimento todo o envidraçado esteja à sombra ao meio dia solar, deverá ser $\alpha_v=21^\circ$ e para que durante uma parte significativa da estação de aquecimento todo o envidraçado esteja ao sol deverá ser $\alpha_i=57^\circ$.

É pois com base nesses dois ângulos α_i e α_v que deverão ser construídas as tabelas – uma para a estação de aquecimento e a outra para a estação de arrefecimento - de valores do fator de sombreamento por elementos horizontais.

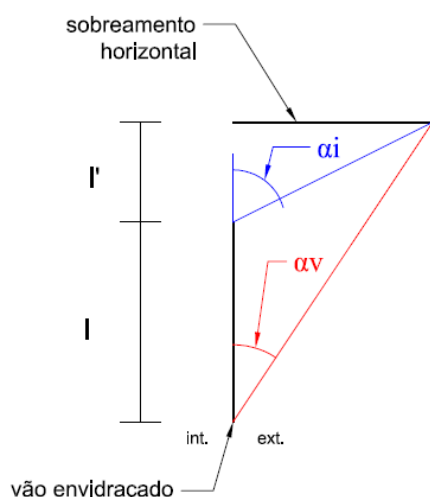


Figura 9. Proposta de ângulos a utilizar na determinação do fator de sombreamento por elementos horizontais

REFERÊNCIAS

- [1] Eurostat; *Panorama of Energy – Energy statistics to support EU policies and solutions*; Serviço das Publicações da União Europeia, Luxemburgo (2009)
- [2] BPIE; *Europe's Buildings Under The Microscope - A country by country review of the energy performance of buildings*; Buildings Performance Institute Europe, Bruxelas (2011)
- [3] Silva A. P.; *Eficiência energética de edifícios no Concelho de Évora - estudo caso*, Tese de mestrado, Universidade de Évora, Évora (2009)
- [4] Covina, O vidro na conservação da energia em edifícios, Covina, Lisboa (1982)